

ZNANSTVENO GLASILO  
INSTITUTA "RUĐER BOŠKOVIĆ"

VOL. 7      BROJ 05/06      SVIBANJ / LIPANJ, 2006  
ISSN 1333-5693      WWW.IRB.HR

ISSN 1333-5693





- 2 M. Jurin**  
Uvodnik glavnog urednika
- 3 D. Rendić**  
Elektronička  
instrumentacija i fizika

- 8 I. Šlaus**  
Neutronske generator

- 14 D. Rendić, A. Ljubičić**  
Monografija

- 16 Umirovljenik**

- 18 In memoriam**

- 20 Nagrada HAZU**

Znanstveno glasilo  
**Instituta "Ruđer Bošković"**  
Bijenička c. 54, 10 002 Zagreb  
tel: +385 (0)1 4561 111,  
fax: 4560 084  
e-mail: [rudjer@rudjer.irb.hr](mailto:rudjer@rudjer.irb.hr)  
URL: <http://www.irb.hr>

Glavni urednik: *Mislav Jurin*  
Tehnički urednik: *Karolj Skala*

Uredništvo:  
*Dunja Čukman*  
*Koraljka Gall-Trošelj*  
*Kata Majerski*  
*Mladen Martinis*  
*Tvrtko Smital*  
*Jadranka Stojanovski*

Digitalna obrada i izvedba:  
*Institut Ruđer Bošković*  
*(R)evolucija*

ISSN 1333-5693  
UDK 061.6:5

Tisak: Kratis d.o.o.  
Izlazi dvomjesečno u nakladi  
od 600 primjeraka uz finansijsku  
potporu Instituta Ruđer Bošković



Institutski neutronske generator

Lovimo ritam! Materijala imamo! Naredni brojevi uskoro slijede!

Veći dio ovog broja posvećen je razvoju instrumentacije eksperimentalne fizike u Institutu. Dr. sc. Dubravko Rendić piše o gradnji instrumentacije i razvoju eksperimentalne fizike u nas, a akademik Ivo Šlaus o neutronske generatoru u Institutu i istraživanjima u nuklearnoj fizici. Ova su dva rada prikazana 13. prosinca 2005. godine u HAZU na Skupu za obilježavanje 100. godišnjice rođenja akademika Mladena Paića, jednog od osnivača našeg Instituta. Odgovarajuća izgradnja instrumenata nužna je u razvoju znanosti. U doba intenzivnog razvoja eksperimentalne nuklearne fizike, šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, nedostajali su instrumenti i devize za njihovu nabavku. Trebalo je stoga vlastitim snagama pristupiti razvoju i konstrukciji potrebnih instrumenata i uređaja od detektora i elektroničkih modula za obradu impulsa do uređaja za pohranu podataka, višekanalnih analizatora i svi su godinama korišteni u istraživanjima iz eksperimentalne fizike u Institutu. Posebno je značajna izgradnja našeg neutronske generatora (200 kV Cockcroft – Walton akcelerator) koja je donekle bila u sjeni izgradnje također našeg ciklotrona zamišljenog, treba naglasiti, kao bitni interdisciplinarni uređaj Instituta namijenjen fizičarima, kemičarima i biologima. Nije potrebno naglasiti da je gradnja neutronske generatora bila i izazov i rizik pa i hrabrost. Zahvaljujući ovom vlastitim snagama napravljenom uređaju udareni su temelji istraživanjima koja su dovela Institut, u razdoblju od 1962. do 1974. godine, među vodeća središta nuklearne fizike.

U ovom je broju i prikaz monografije «Zagrebački ciklotron» autora dr. sc. Stanka Kaučiča. Monografija je zasnovana na činjenicama, temeljena na odlukama i dokumentima o radu ciklotrona. Može poslužiti svima, a prvenstveno mlađim generacijama, jer je ciklotron svojevremeno bio simbol Instituta. Dobro je da postoje zapisi i pisani materijali o konstrukciji i radu ciklotrona te o njegovom utjecaju na sam razvoj Instituta.

Javio se je i «naš umirovljenik» i komentira neka zbivanja u Institutu. Deceniji rada u Institutu vežu čovjeka za ovu radnu sredinu iz koje je, kako piše, «otišao voljom Zakona i odlukom Instituta», ali i dalje surađuje.

Lijepo je kad naši znanstvenici dobiju nagrade. Dr. sc. Svetozar Musić dobio je Nagradu HAZU za najviša znanstvena dostignuća u Republici Hrvatskoj u području prirodnih znanosti i matematike. Uredništvo srdačno čestita kolegi Musiću.

Nažalost, u svakom od naših brojeva pišemo o našim preminulim djelatnicima. Do sada su to bili znanstvenici koji su, nakon umirovljenja, u načelu, još godinama surađivali u realizaciji istraživačkih projekata. Međutim, dr. sc. Branimir Klaić preminuo je u 56-oj godini života. Uz uspješan istraživački rad kemičara, koji je rezultirao nizom zapaženih radova, u domaćoj je sredini poznat po scientometrijskim radovima, od kojih je neke objavio i u našem glasilu.

U broju su i uobičajene rubrike o kadrovskim zbivanjima. Vjerujem da ćete sa zadovoljstvom pročitati ovaj broj, te da ćete dostaviti vlastite radove, priloge, komentare.

Glavni urednik  
*Mislav Jurin*

#### Došli u Institut tijekom svibnja 2006. godine:

Oliver Franković dipl. inž. kemije, Marina Juribašić dipl. inž. kemije, Dolores Smoljan.

#### Otišli iz Instituta tijekom svibnja 2006. godine:

Ivana Anđelić prof. biologije i kemije, dr. Maša Katić, Vilko Klein, Boženka Vodopivec.

#### Disertacije izrađene u Institutu i obranjene tijekom svibnja 2006. godine.

Ivica Janeković: Trodimenzionalno asimilacijsko modeliranje morskih mijena u Jadranu, voditelj M. Kuzmić, obrana 22.05.2006.

Mihaela Matovina: Značenje integracije humanog papilomavirusa unutar genoma u nastanku raka vrata maternice, voditeljica M. Grce, obrana 30. 05. 2006.

#### Magistarski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom svibnja 2006. godine.

Damir Valić: Morfološke i citogenetičke značajke riba rijeke Krke, voditelji V. Besendorfer i E. Teskeredžić, obrana 22. 05. 2006.

#### Diplomski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom svibnja 2006. godine.

Sladana Strmečki: Voltometrijska svojstva sustava selenij(IV)-rodij(III) kao osnovica metode za određivanje tragova selenij(IV) u vodenim otopinama, voditelji Z. Meić i M. Zelić, obrana 17. 05. 2006.

Ana Tomasović: Analiza ekspresije gena uključenih u signalni put Hh-Gli u primarnoj kulturi dermoida ovarija, voditeljica S. Levanat, obrana 30. 05. 2006.

#### Došli u Institut tijekom lipnja 2006. godine:

Margareta Buterer dipl. inž. preh. tehnologije, Sandro Dujmović dipl. inž. biologije, Jelena Godrijan dipl. inž. biologije, Ivan Pogledić.

#### Otišli iz Instituta tijekom lipnja 2006. godine:

Ivan Korenić, dr. Boris Podobnik.

#### Izbori u zvanja tijekom lipnja 2006. godine,

**znanstveni suradnik:** Mato Hacmanjek

**viši znanstveni suradnik:** Anđelka Andrašić, Božidar Etlinger, Blaženka Malić, Ivan Sondi, Tomislav Šmuc.

**znanstveni savjetnik:** Ferencne Ranogajec

#### Diplomski radovi izrađeni u Institutu i obranjeni tijekom lipnja 2006. godine.

Danijela Mikulčić: Reaktivnost amino-skupina lizina u Maillardovoj reakciji, voditeljica M. Rošćić i J. Vorkapić-Furač, obrana 05. 06. 2006.

Maja Nižetić: Utjecaj Met-enkefalina, tirofana i naloksone na metaboličku aktivnost NALM-1 leukemijske linije, voditeljica I. Martin-Kleiner, obrana 02. 06. 2006.

Ivo Šegota: Analiza izvankromosomske DNA ljudskih stanica MDA-MB-231 u kulturi, voditelj I. Rubelj, obrana 28. 06. 2006.



# Gradnja instrumentacije i razvoj eksperimentalne fizike u nas<sup>1</sup>

3

*U doba intenzivnog razvoja eksperimentalne nuklearne fizike, šesdesetih godina prošlog stoljeća, osjećala se velika nestašica instrumentacije. Nedostupnost deviza potrebnih za nabavu potrebne opreme i materijala uzrokovala je neophodnost vlastitog razvoja i konstrukcije potrebnih instrumenata i uređaja. U suradnji s tadašnjim Odjelom elektronike vrlo se uspješno prišlo izvršenju te zadaće pa je napravljeno niz uređaja, od detektora i elektroničkih modula za obradu impulsa do uređaja za pobranu podataka, višekanalnih analizatora. Svi su ti uređaji korišteni niz godina u eksperimentima u eksperimentalnoj fizici na Institutu "Ruđer Bošković".*



PIŠE  
Dubravko Rendić

## 1. Elektronička instrumentacija

Elektronički odjel Instituta "Ruđer Bošković" od rana je bio usmjeren prema potrebama znanstvenih radnika Instituta. Tako u Godišnjem izvještaju Instituta 1956. godine možemo pročitati: "Rad Elektroničkog odjela u toku 1956. bio je uglavnom usmjeren na razvojne radove i istraživanja u vezi sa elektroničkim uređajima, koje je trebalo izraditi za potrebe ostalih odjela". U Laboratoriju za elektroničke sklopove radilo se na standardnom tipu brojila i "ratemetra" prikladnog za industrijsku proizvodnju. "Izvršeni su svi potrebni razvojni radovi, izrađena je tehnička dokumentacija na temelju koje je tvornica V. Bagat, Zadar, izradila probnu seriju od 10 kom. kompleta....Po izvršenom ispitivanju, a nakon izvršenih izmjena, uređaji će biti predani na upotrebu drugim odjelima ovog Instituta." Te je godine izrađeno je i 25 kom. brojila, 18 kom. "ratemetara", 14 kom. ispravljača, 7 kom. pulsgeneratora, 140 Geiger-Müller brojača itd.

Iz niza izvještaja o radu tih pedesetih godina izdvojiti ćemo izvještaj iz 1959. godine koji je posebno opsežan. Tako su na zadatku "Izgradnja višekanalnih analizatora" završeni "razvojni radovi na 256-kanalnom analizatoru sa feritnom memorijom", te je je napravljen jedan primjerak "koji se nalazi u probnom pogonu..... Završeni su razvojni radovi na 100-kanalnom analizatoru s magnetostriktivnom memorijom i izrađen u definitivnom obliku jedan takav uređaj." Ovo posljednje smatra se prvim velikim dostignućem na području obrade impulsnih podataka. Taj je uređaj bio u širokoj upotrebi na Institutu.

Već se te godine ozbiljno radilo na elektroničkom dijelu uređaja za magnetsku nuklearnu rezonanciju srednje moći razlučivanja, zatim na elektroničkim uređajima za ciklotron, te je nastavljen rad na pojedinim uređajima za potrebe Instituta kao što su pojačala i pretpojačala, brojila, jednobanalni analizatori, generatori impulsa, visokonaponski ispravljači, te Geiger-Müller i drugi plinski brojači.

Vrlo je opsežan i izvještaj Odjela elektronike za 1961. godinu. Radilo se na instrumentaciji za ciklotron, na tranzistorizaciji nuklearne instrumentacije, "osobito dijelova mnogokanalnih analizatora i prenosnih uređaja", kao i na izradi i projektiranju pojedinih uređaja nuklearne instrumentacije, te Geiger-Müller brojača i dozimetara.

Godine 1962. i nadalje je "osnovna orijentacija Odjela" (elektronike) "usmjerena na osnovna istraživanja problematike elektroničke instrumentacije, potrebne u naučno-istraživačkom radu Instituta a napose u fizici. Ova orijentacija uključuje u sebi prvenstveno naučno-istraživački rad na sklopovima, sistemima i logičkim koncepcijama na tom području, koji je neophodan za rješavanje elektroničkih problema u Institutu."

Tih godina a "u vezi s preuzetim zadacima i obavezom Odjela prema ostalim naučnim oblastima naučno stručni rad Odjela odvijao se u tri radne grupe. Radilo se na ovim temama:"

- obrada impulsnih podataka,
- brza elektronika i
- elektronika za NMR visoke moći razlučivanja

...

<sup>1</sup> Predavanje održano 13.12.2005. godine na Skupu za obilježavanje 100. godišnjice rođenja akademika Mladena Paića u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti u Zagrebu. Rad će biti štampan u Zborniku radova Skupa u izdanju HAZU.

Tema 'Obrade impulsnih podataka' bila je "od prvenstvenog značenja za rad nuklearne eksperimentalne fizike i ostalih oblasti, gdje se mjeri energetski spektar zračenja." Već se u to vrijeme "radilo na sistemu za registraciju amplituda para koincidentnih impulsa 100x100 kanala, što je rezultiralo u prototipu koji se koristi na neutronsom generatoru Instituta, a izrada još dvaju primjeraka je u toku." Ispisivanje se vršilo na printeru ili bušaču trake.

"Radilo se i na problemu sistema za numeričko očitavanje i automatsko ispisivanje sadržaja 256-kanalne feritne memorije analizatora." Prototip tog analizatora već je bio u pogonu u Institutu, a po njemu će se kasnije izgraditi daljnji primjerci, "koji će se graditi i za druge Institute u zemlji." Obavljen je i istraživački i razvojni rad na tranzistorizaciji analizatora s magnetnostriksijskom memorijom što je kasnije korišteno pri izradi tranzistoriziranih analizatora, koji će se pokazati pouzdanijim a i jeftinijim od onih s feritnom memorijom.

Tema 'Brze elektronike' pretežno je bila znanstveno-istraživačkog karaktera i imala je perspektivni značaj za daljni razvoj elektronike na Institutu, jer se bavila primjenom novih i bržih elektroničkih

komponenata u sklopovima i sistemima od interesa za Institut. Došlo se na pr. do originalne koncepcije brzog binara (250 MHz), a razvijena je i 10 nanosekundna koincidencija, brzi diskriminator i oblikovač impulsa.

Za NMR visokog razlučivanja rješavani su problemi njegove elektronike. "U vezi s tim zadatkom razrađena je koncepcija uređaja, proračun oscilatora, prijemnika i detektora i vršen je razvoj stabilizatora uzbudne struje i sklopova sistema za stabilizaciju omjera frekvencija i jakosti magnetskog polja."

Šef Odjela je svih tih godina bio dr. inž. Maksimilijan Konrad, a njegovi su suradnici 1962. godine bili inženjeri H. Babić, I. Brčić, L. Cucančić, A. Hrisoho, I. Hrvoić, D. Iveković, B. Leskovar, R. Mutabžija, U. Peruško, M. Petrinović, T. Rabuzin, G. Smiljanić, B. Souček, O. Savits, B. Turko, B. Vojnović te dr. inž. V. Radeka i M. Sedlaček, svi asistenti, te doc. Dr. inž. S. Turk kao vanjski suradnik, sve imena koja su kasnije u svijetu elektronike svima bila dobro poznata.

Ta je "ekipa" u više manje istom sastavu ostala zajedno niz godina pa tako 1964. godine, u izvještaju Instituta "Ruđer Bošković", kaže se:

#### Prikaz izvršenog rada

Ova tema je od prvenstvenog značenja za rad nuklearne eksperimentalne fizike i ostalih oblasti, gdje se mjeri energetski spektar zračenja. U vezi s amplitudnom analizom radilo se je i dalje na tranzistorizaciji magnetostriksijske memorije. Završen je razvojni i teoretski rad na 100-kanalnoj memoriji koja ima mogućnost pribrajanja i odbijanja jedinice sadržaju kanala i mogućnost komplementiranja sadržaja. Izvršeno je konačno dotjerivanje i ispitivanje sklopova 256-kanalnog analizatora, te je izrađena serija od 5 analizatora, od čega 4 za vaninstitutske korisnike, čije je završno ispitivanje u toku. Rad na tranzistorizaciji analizatora koristeći magnetske sklopke, a koji je teoretskog i razvojnog karaktera, zaokružen je u cjelinu i završen u eksperimentalnoj fazi.

Završen je rad na konkretnoj izvedbi 3-d analizatora sa 100 x 100 x 100 kanala zajedno sa sistemom za ispisivanje printerom i predan korisnicima. Razrađeni su logički i sklopovski dva sistema za zapisivanje podataka iz sistema za višedimenzionalnu analizu na papirnatu traku pomoću rupičara. Razrađeni su logički sklopovi dva sistema za čitanje podataka višedimenzionalne analize s papirnatih traka, te dva sistema za sortiranje očitanih podataka pomoću 256-kanalnog analizatora.

Uspješno je završen rad na problemima 1024-kanalnih memorija i to u vezi s rješavanjem problema omjera signal - smetnja.



Treba posebno istaći rad na 256-kanalnom analizatoru, uređaju koji je u svoje vrijeme predstavljao vrhunac u svom području. Tako u toku 1965. godine "izrađena je dokumentacija 256-kanalnog analizatora s elektronkama, čime se posao na razvijanju cijevne verzije ovog uređaja smatra završenim. Na temelju ove dokumentacije omogućena je Elektronskom servisu serijska izrada ovih uređaja"

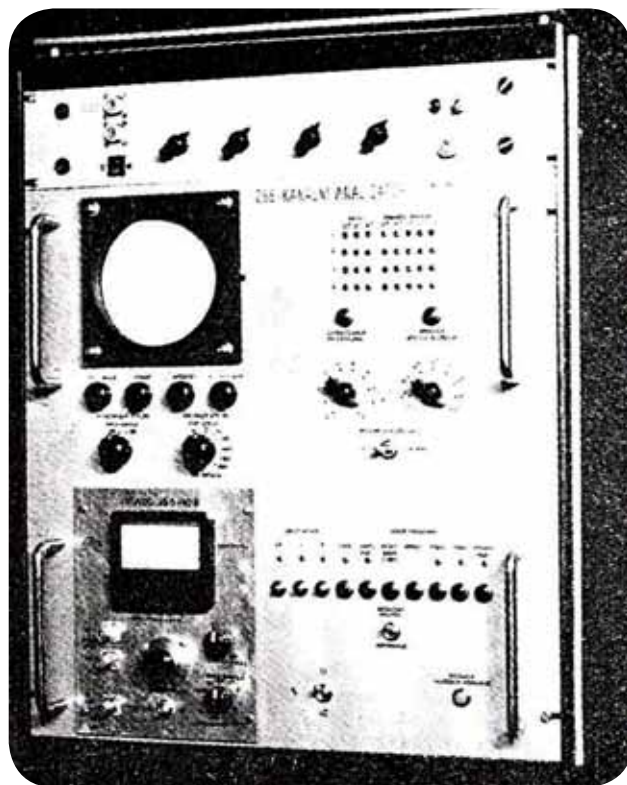
U nastavku ovog rada "težište je bilo na razradi logike i sklopova 256-kanalnog analizatora s tranzistorima." Razrađeno su i ispitano niz sklopova koji čine osnovu analizatora.

Već naredne 1966. godine rad istraživača u Grupi za obradu podataka na čelu s dr Gabrom Smiljanićem "bio je gotovo isključivo orijentiran na izradu shema i prototipa tranzistoriziranog 256-kanalnog analizatora s feritnom memorijom." Izrada shema i ispitivanje kritičnih sklopova u potpunosti je bilo završeno, a izrada prototipa je bila u završnoj fazi.

Grupa za brzu elektroniku na čelu s mr Ivom Brčićem nastavila je radove na pojačavanju impulsa iz nuklearnih detektora pa je tako u toku bio rad na niskošumnom pojačalu za poluvodičke detektore, a u razvoju je linearno tranzistorsko pojačalo i jednog kanalni diskriminator s detekcijom prolaza kroz nulu. Ispituje se i subnanosekundna koinkidencija.

U okviru Elektroničkog servisa "izrađeno je 8 manjih uređaja za potrebe drugih odjela Instituta "Ruđer Bošković". Razvijena je i izrađena jedinica za registraciju podataka trodimenzionalne analize na perforiranu traku za potrebe Instituta "Boris Kidrič", Vinča. Završena je mehanička i električka izrada serije od 4 komada 256-kanalnih analizatora."

1967. godine je u okviru Grupe za obradu podataka završena izgradnja prototipa tranzistoriziranog 256-kanalnog analizatora. Izrađena je dokumentacija i u stručnoj štampi objavljena je serija članaka o koncepciji analizatora i njegovim sastavnim elementima (v. na pr. Br 67). Istovremeno Grupa za probleme graničnih osjetljivosti vođena od dr. Ranka Mutabžije radi na istraživanjima "u vezi s problemima gradnje i pogona NMR spektrometra i analizatora". U okviru toga razvijen je i proizveden analogno-digitalni pretvarač (ADC) za 1024 kanala, te niz elektroničkih uređaja za NMR spektrometar.



Tranzistorizirani 256-kanalni analizator impulsa

U izvještaju iz 1968. godine Grupe za obradu podataka možemo pročitati: "Završen je razvoj definitivne izvedbe 256-kanalnog analizatora u tranzistorskoj verziji i u tehnici štampanih krugova", uključivši i popratnu dokumentaciju i upute za rukovanje. "Realizacija konkretnog uređaja je u toku."

"Nastavljena su i istraživanja u vezi s NMR i paramagnetskom spektroskopijom. Razvijen je jednostavni NMR apsorpcioni detektor i automatski kalibrator polja," piše u izvještaju Grupe za probleme graničnih osjetljivosti.

Godine 1970. godine "razvijen je moderan sistem s integriranim krugovima za registraciju troparametarskih podataka na papirnu traku. Podaci s trake kasnije se obrađuju «off line» na digitalnom računskom stroju."

Bile su to "zlatne godine" Odjela za elektroniku Instituta "Ruđer Bošković". No ne smijemo zaboraviti i učešće znanstvenika i tehničara iz drugih odjela u izgradnji elektroničke instrumentacije. Tako je na pr. u odjelima nuklearne fizike niz tehničara a i znanstvenih radnika uzeo učešća u izgradnji potrebne instrumentacije za znanstveni rad. Neka imena koja ...

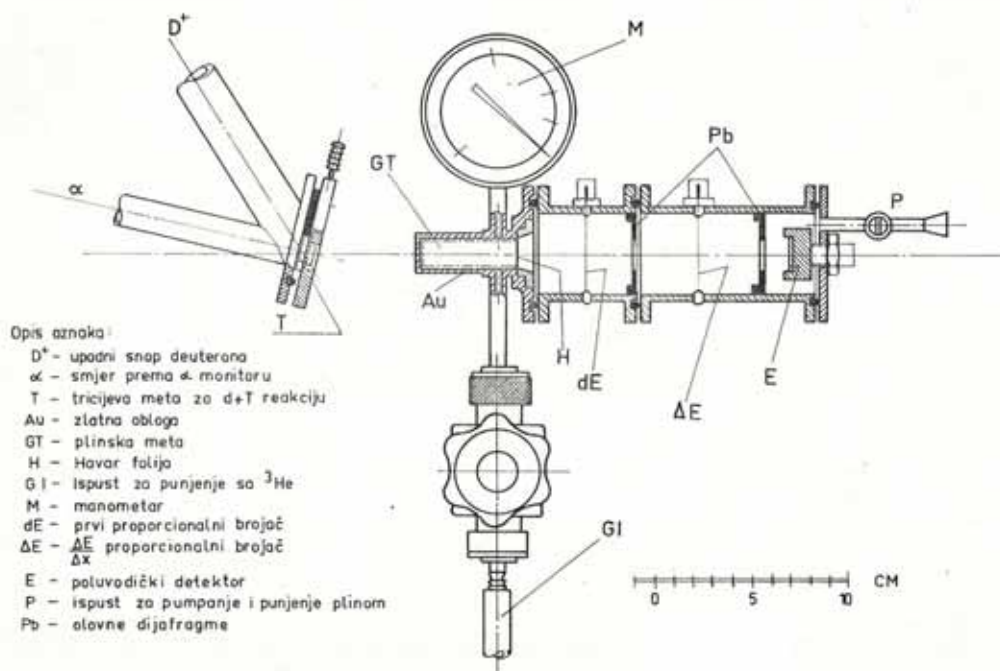
ne ćemo zaboraviti su tehničari Kasim Kovačević, Leandar Kuček, Aleksandar Miran, Dušan Šunduković, Stanimir Vidić i drugi, kao i Anton Golik, te Davor Milić iz mehaničke radione odjela, a tu je i dr Guy Paić od znanstvenika. Izrađivane su koincidencije, pojačala, pretpojačala, diskriminatori, brojila, napajanja, stabilizatori napona itd.

## 2. Detekcijski sistemi

Detekcijski sistemi bitan su dio eksperimentalnog postava a služe u pojedinim pokusima za detekciju čestica i njihovih energija. Da bi se osiguralo i prepoznavanje vrste mjerenih čestica potrebno je koristiti uređaje za identifikaciju čestica, t.zv. brojačke teleskope, koji se u principu, nužno sastoje od dva ali i više detektora, od kojih jedan daje podatak o tipu čestica a drugi mjeri njezinu energiju  $E$ . Obično su to  $\Delta E/\Delta x$ -E brojački teleskopi, u kojima podatak o tipu čestice dobivamo mjereći njenu specifičnu ionizaciju, odnosno gubitak energije čestice pri prolazu kroz brojač ( $\Delta E/\Delta x$ ).

U eksperimentalnim mjerenjima u neutronske fizici na Institutu korišteno je nekoliko vrsta brojačkih teleskopa koji su projektirani i izgrađeni na Institutu.

Brojački teleskop s poluvodičkim brojačem (Re 67)



To su brojački teleskop s tri plinska proporcionalna brojača i CsI(Tl) kristalom izrađen 1961. godine (Ku 61), isti takav teleskop time da je kao E detektor upotrebljen poluvodički detektor s površinskom barijerom, proizveden na Institutu (Re 64), te teleskop nešto izmjenjene konstrukcije s dva plinska proporcionalna brojača manjih dimenzija i poluvodičkog brojača s površinskom barijerom kao E-detektora (Re 67).

## 3. Poluvodički detektori

Jedan od elemenata brojačkih teleskopa jeste i poluvodički detektor za detekciju energije detektiranih čestica. Zbog potreba u eksperimentima prišlo se i usvajanju tehnologije izrade takovih detektora. Poluvodički detektori s površinskom barijerom ustvari su silicijeve n-p poluvodičke diode. Ubrzo kako je 1959. otkrivena ta, još jedna primjena poluvodiča, novi detektori za pretvorbu kinetičke energije ionizirajućih čestica u električnu počeli su se vrlo brzo upotrebljavati u nuklearnoj fizici. Iako su vrlo brzo postali dostupni na tržištu, bili su u početku vrlo skupi i nedostupni našim financijskim mogućnostima i ograničenoj mogućnosti nabavke deviza.

Princip rada takvih detektora zasniva se na direktnom mjerenju ionizacije u čvrstim tijelima, u ovom slučaju u siliciju. Ako želimo dobiti detektor za praktičnu upotrebu potrebno je najprije da se u materijalu detektora događa dovoljan broj ionizacionih procesa, što se izražava preko srednje absorbirane energije potrebne za formiranje slobodnog elektrona, t.j. ionskog para elektron-šupljina. Broj nosilaca naboja proizvedenih m j e r e n o m interakcijom mora biti veći od broja slobodnih nosilaca normalno prisutnih u materijalu detektora. Taj zahtjev onda vodi na čvrste materijale visokih otpora. ■■■

Da bi postigli efikasno sakupljanje naboja oslobođenih prolazom čestice, a koji su mjera gubitka energije čestice u materijalu, potrebno je unutar detektora primijeniti dovoljno jako električno polje, što ponovo zahtijeva materijale visokog otpora. Nadalje, sakupljanje naboja mora biti dovoljno brzo kako bi se izbjegla rekombinacija. Svi ti zahtjevi vode nas na upotrebu materijala visoke čistoće i dobrih izolatorskih svojstava sa što manje nepravilnosti u kristalnoj strukturi. Čisti poluvodiči, germanij i silicij, ipak nisu savršeni izolatori pa primjena električnih polja za sakupljanje naboja daje šumove te ne osigurava efikasno sakupljanje naboja. No upotrebom poluvodičke diode postižu se dobra izolatorska svojstva u području p-n ili n-p spoja, t.zv. barijere, prelaznog područja između dva tipa poluvodiča. Područje barijere je "intrinzičko", "osiromašeno" od naboja i upravo je ono osjetljivo područje detektora u kome se događaju procesi ionizacije. Od prednosti poluvodičkih detektora navest ćemo samo jednu: mnogo veći broj proizvedenih slobodnih nosilaca – ionskih parova za jedinični gubitak energije. To vodi na manje statističke fluktuacije u broju nosilaca i time na bolju rezoluciju u mjerenju energija upadne čestice.

Poluvodički detektori s površinskom barijerom rade se od monokristala silicija p-tipa visokog specifičnog otpora. Monokristali silicija, dobiveni izvlačenjem iz taljevine, visokog specifičnog otpora, u to su vrijeme

bili strateški materijal i nije ih bilo moguće nabaviti. Što je viša specifična otpornost monokristala silicija to je osjetljivo područje detektora veće dubine o čemu je preko dometa zavisila energija čestice koja se mogla mjeriti danim detektorom.

Godine 1964. u Institutu je usvojena tehnologija izrade poluvodičkih brojača s površinskom barijerom s materijalima koji su bili dostupni. Ovisno o čistoći i otporu materijala trebalo je izabrati odgovarajuću "proceduru" izrade i konačno su dobiveni detektori koji su se mogli mjeriti po svojim karakteristikama s komercijalnim. Proizvedeni detektori pokazali su odlična svojstva i karakteristike tako da su se niz godina koristili u nuklearnim eksperimentima (Re 64).

Šezdesete i sedamdesete godine bile su "zlatne" godine nuklearne fizike na Institutu "Ruđer Bošković". To se posebno odnosi i na neutronske fiziku u kojoj se u to vrijeme spominjala tzv. "Zagreb group". O uspjesima govori najbolje broj publiciranih radova te magistarskih i doktorskih radnji iz tog vremena. No svi ti rezultati ne bi se mogli ostvariti bez podrške u izgradnji instrumentacije o kojoj je bilo riječi. Ovo bi trebao biti mali doprinos da se izbjegne zaborav i izrazi zahvala svima onima koji su u tome uzeli učešća. ■

Poluvodički detektor s površinskom barijerom domaće izrade (Re 64)



#### Literatura:

Br 67 - I. Brčić, L. Cucančić, K. Čuljat, A. Družeta, A. Dulčić, F. Jović, M. Konrad, G. Smiljanić, *Automatika* 8(1967)261-289

Ku 61 - L. G. Kuo, M. Petravić and B. Turko, *Nucl. Instr. & Meth.* 10 (1961) 53

Re 64 - Dubravko Rendić, *Magistarska radnja, Sveučilište u Zagrebu, 1964*

Re 67 - Dubravko Rendić, *Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 1967*

Ru 56-70 - *Godišnji izvještaji Instituta "Ruđer Bošković", 1956-1970*



PIŠE  
Ivo Šlaus

*Predavanje održano 13.12.2005. godine na Skupu za obilježavanje 100. godišnjice rođenja akademika Mladena Paića u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti u Zagrebu. Rad će biti štampan u Zborniku radova Skupa u izdanju HAZU.*

## 1. Uvod – Zagreb akceleratorski centar

Trajuću zahvalnost dugujemo Prof. Mladenu Paiću za najmanje tri stvari. Prvo, on je organizirao suvremeno sveučilišno obrazovanje iz fizike u Zagrebu. Iako smo imali nastavu iz fizike na Zagrebačkom sveučilištu još u 19. stoljeću, suvremenu nastavu eksperimentalne fizike, koja odgovara potrebama 20. stoljeća, uvodi polovicom prošlog stoljeća Mladen Paić. Drugo, iako su prvi znanstveni instituti u nas utemeljeni još krajem 19. stoljeća, Mladen Paić je suosnivač i osnivač prvih naših instituta za istraživanja u fizici. Mladen Paić zajedno s Ivanom Supekom, Dragom Grdenićem, Božom Težakom, Krešimirom Balenovićem i Nikšom Allegrettijem osniva 1950. godine Institut «Ruđer Bošković», a 1960. osniva Institut za fiziku sveučilišta. Ponosan sam što me je Prof. M. Paić pozvao 1959. godine da sudjelujem kao docent u predavanjima Opće fizike i što me tijekom 1960-62. pozvao da sudjelujem u odabiru prvih stipendista Instituta za fiziku sveučilišta. Ovom prilikom ja ću govoriti o trećem velikom doprinosu Mladena Paića - izgradnji 200 kV Cockcroft - Walton akceleratora.

Derek de Sola Price, poznati povjesničar znanosti, naglasio je da napredak znanosti obilježavaju izgradnje instrumenata. Primjerice, Arhimedove leće, Galilejev teleskop, te izum mikroskopa otvaraju nova poglavlja u optici, astronomiji i biologiji. Izgradnje Cockcroft - Walton akceleratora, ciklotrona i Van de Graaff akceleratora započinju istraživanja nuklearnih reakcija, ali i nuklearne kemije, radiokemije, radiobiologije, te niz primjena. Dogradnja akceleratora u CERNu omogućila je Carlu Rubbii mjerenje W i Z bozona i potvrdi Weinberg - Salamove teorije slabih interakcija. Posebno mjesto u izgradnji instrumenata ima glasoviti Röntgenov uređaj za proizvodnju x-zraka - prvu Nobelovu nagradu iz fizike koja sjedinjuje istraživanja i gradnju instrumenata. Uređaji za x-zrake

igrali su važnu ulogu i u istraživanjima Mladena Paića, ali o tome su drugi govorili. Što je izgradnja Cockcroft - Walton akceleratora u Institutu «Ruđer Bošković» značila za našu znanost?

Krajem 40-tih godina prošlog stoljeća u Jugoslaviji uspostavljena tri nuklearna interdisciplinarna instituta i odlučeno je da Beograd i Ljubljana budu središta reaktorskih istraživanja, a da Institut «Ruđer Bošković» u Zagrebu dobije akcelerator. Institut «Ruđer Bošković» (IRB) osnovan je 1950. godine. Godinu dana kasnije odlučeno je da se izgradi ciklotron po uzoru na slične ciklotrone u UK i SAD - 16 MeV za deuterone, 8 MeV za protone i 32 MeV za alfa čestice. Elaborat o izgradnji domaćeg ciklotrona bio je završen 1953. godine<sup>1</sup>. Nekolicina nas - prvih eksperimentalnih fizičara IRB - upućena je na specijalizacije u UK i SAD upravo na rad s ciklotronima i svi smo mi doktorirali i vratili se na IRB do kraja 50-tih. Ciklotron IRB svečano je otvoren 25.10.1962. godine, ali svi naponi da se dobije vanjski snop ubrzanih čestica bili su neuspješni, jer konstrukcija ciklotrona nije omogućavala prikladni deflektor za ekstrakciju snopa. Tek 1973. godine kada smo se Guy Paić i ja vratili iz Los Angelesa, gdje smo istraživali nuklearne procese koristeći ciklotron University of California - koji je ubrzavao negativne ione i onda ih izvlačio bez deflektora promjenom naboja i promjenom zakrivljenosti staze nabijene čestice u magnetskom polju - grupa G. Paić, T. Lechpammer i B. Babarović<sup>2</sup> izvlači vanjski snop. Međutim, tih godina - sredinom 70-tih prošlog stoljeća - istraživanja u nuklearnoj fizici tražila su daleko naprednije snopove čestica nego što je to mogao dati Zagrebački ciklotron. Odlučili smo da Zagrebački ciklotron koristimo za proizvodnju radiofarmaceutika<sup>3</sup>, općenito za proizvodnju radioizotopa<sup>1</sup> i za istraživanja u radiokemiji i radiobiologiji<sup>4</sup>. Ne samo da su ta istraživanja donijela nagradu «Nikola Tesla» i nagradu Grada Zagreba, nego je ciklotron IRB bio je uz Hammersmith Hospital u Londonu i Saclay u Francuskoj najveći proizvođač ...



kratkoživućih radiofarmaceutika u Europi, koji su se izvozili u nekoliko susjednih zemalja. Proizvodnja radiofarmaceutika potaknula je i razvoj matematičkih modela i time dala podstrek novoj znanstvenoj poddisciplini u nas - medicinskoj fizici. Sve se to odvijalo u razdoblju između 1972 i 1987, dakle kada su eksperimentalni nuklearni fizičari iz IRB već uživali visoki međunarodni ugled.

## 2. Neutronske generator

Usjeni izgradnje ciklotrona, koji je bio zamišljen kao bitni interdisciplinarni uređaj IRB namijenjen fizičarima, kemičarima i biolozima, ali također i elektrotehničarima, Mladen Paić započinje gradnju 200 kV Cockcroft - Walton akceleratora<sup>5)</sup>. Gradnja svakog instrumenta je izazov, rizik i u izvjesnom smislu hrabrost. Gradnja ciklotrona i još više Cockcroft-Walton akceleratora u posebnim uvjetima u kojima je bila naša zemlja u ranim 50-tim godinama prošlog stoljeća, gdje su mnoge tehnologije bile prekinute a neke nedostupne, jest smjelost. Uz grupu Mladena Paića s IRB: K. Prelec, P. Tomaš, M. Varićak i B. Vošicki svakako treba istaći i V. Bega tada iz Rade Končara, a kasnije ETF, koji je doprinio gradnji uljnog transformatora.

Bombardiranjem deuterijeve mete deuteronomima od 200 keV, t.j. nuklearnom reakcijom  $D(d,n)^3He$ , Mladen Paić i suradnici dobili su neutrone čija je energija bila - ovisno o kutu emisije - oko 2,7 MeV<sup>6)</sup>. Petar Tomaš i ja umjesto deuterijeve mete stavljamo 1958. godine tricijevu metu, te bombardiranjem tricija deuteronomima, t.j. reakcijom  $^3H(d,n)\alpha$  dobijamo 14,4 MeV neutrone. Tako započinje istraživanje nuklearnih reakcija izazvanih 14,4 MeV neutronima najprije koristeći jednostavne brojače<sup>7,8)</sup> i radiokemijske metode<sup>9)</sup>. Jedna uspješna izgradnja instrumenta - Cockcroft-Walton akceleratora - rađa druge. Tako su G. Kuo-Petravić i M. Petravić izgradili teleskopski brojač<sup>10)</sup> - usavršenu verziju brojača razvijenog u Milanu. Uvođenje poluvodičkih detektora u teleskopski sustav predstavljalo je daljnji napredak<sup>11)</sup>.

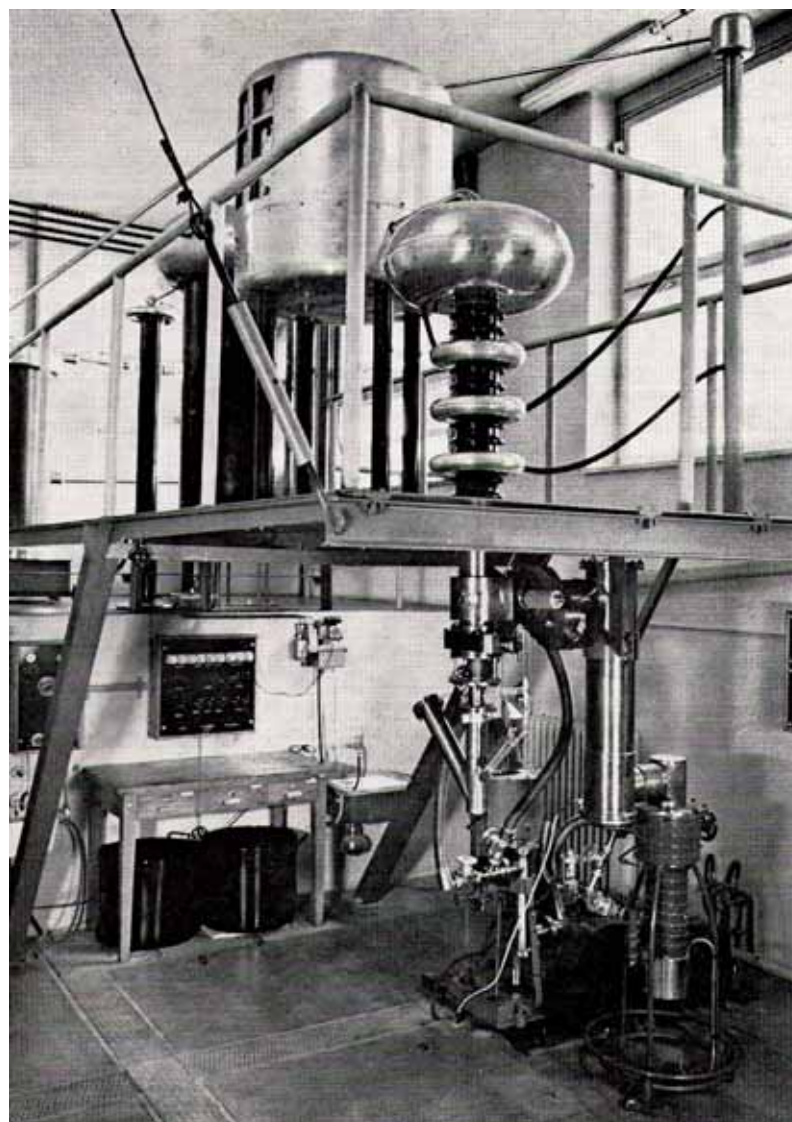
Neutronske generator 14 MeV neutrona zajedno s teleskopskim brojačem udario je temelje istraživanjima koja su dovela IRB među vodeća središta nuklearne fizike. To su:

1) Mjerenja neutronske nuklearne podataka. IRB je u razdoblju između 1962. do 1974. bio jedan od vodećih svjetskih središta za proizvodnju

nuklearnih podataka<sup>12)</sup>.

2) Razvoj neutronske metoda i tehnika u razdoblju do 1972<sup>13)</sup>.

3) Kuo-Petravić-Turko sustav i 14 MeV neutronske generator omogućili su mjerenje neutron-neutron duljine raspršenja 1961. godine. Nekoliko godina ranije grupa u Los Alamosu mjerila je rascjep deuterona neutronima, ali nije detektirala istaknuti signal



neutron-neutron interakcije u konačnom stanju. To još jednom potvrđuje važnost izgradnje instrumenata koja osiguravaju mjerenja visoke točnosti, a to je ono čemu je svih nas učio Prof. Mladen Paić. Iz istraživanja reakcije  $D(n,p)2n$  - kasnije proširenog na rascjep tritona neutronima  $^3H(n,d)2n$  i na uhvate neutrona protonima i deuteronomima - proizašla su istraživanja sustava s malim brojem čestica i istraživanje neutronske sile, posebno neutron-neutron interakcija<sup>14)</sup>, što je povezano s istraživanjima razbijanja simetrije. Zagrebačka grupa je postala svjetski poznatom i to je rezultiralo ...

nizom pozvanih predavanja na međunarodnim konferencijama<sup>15)</sup> i revijalnim člancima<sup>16)</sup>. Grupa je bila organizator dvije međunarodne konferencije: najprije u Brelima (1967) i zatim u Los Angelesu (1972). Iako je prva međunarodna konferencija posvećena nuklearnim silama bila organizirana 1959. godine u Londonu, konferencija u Brelima «Few body problems, nuclear interactions and light nuclei» (1967) predstavlja početak slijeda međunarodnih konferencija posvećenih nuklearnim međudjelovanjima i sustavima s malim brojem čestica u fizici čestica, nuklearnoj, atomskoj i molekularnoj fizici, koje se - nakon Brela - redovito održavaju svake dvije-tri godine. Konferencija u Brelima bila je potaknuta Fadjejevljevim rješenjem problema triju nukleona (1960) i mjerenjem neutron-neutron duljine raspršenja izvršenim koristeći neutronske generator i Kuo-Petravić-Turko mjerni sustav (1961).

4) Paralelno, druga grupa nuklearnih fizičara IRB posvetila se istraživanju mehanizama reakcija izazvanih neutronima i također postigla izuzetan međunarodni ugled što se odražavalo u revijalnim člancima (1966) i pozvanim predavanjima na međunarodnim konferencijama<sup>17)</sup>.

5) Krajem 60-tih usavršavaju se u nuklearnoj fizici detekcijski sustavi koji tada obuhvaćaju skoro  $4\pi$  geometriju<sup>18)</sup>. Danas su takvi detekcijski sustavi ne samo u fizici čestica nego i u fizici niskih i srednjih energija dostigli visoku razinu u primjerice sustavima kao što su Crystal Ball<sup>19)</sup>. Vrijedno je istaknuti da je grupa, koju je još krajem 50-tih osnovao Mladen Paić - a u kojoj su vodeću ulogu imale Branka Antolković i Milica Turk - razvila metode mjerenja udarnih presjeka nekih nuklearnih procesa koje rezultiraju multičestičnim izlaznim kanalima<sup>20)</sup>. Posebno značajno je istraživanje reakcije  $^{12}\text{C}(n, 3\alpha)n$  koje je važno za dozimetriju i za radioterapiju neutronima.

6) Fundamentalna istraživanja su i ovom prilikom dala upješnu primjenu. Grupa Mladena Paića koja je izgradila Cockcroft - Walton akcelerator razvila je niz visokih tehnologija među kojima se ističu tehnologija ultravisokog vakuuma i dozimetrija. Prva zaštita od radioaktivnog zračenja izrasla je u okviru grupe Mladena Paića (organizator Službe zaštite od zračenja i prva voditeljica na IRB bila je Valerija Paić). Krajem 70-tih godina prošlog stoljeća razvijene su fotodiode za mjerenje neutronske energetske

spektara detektirajući odbijene nabijene čestice, što omogućava i mjerenje apsorbirane doze u neutronske radioterapiji<sup>21)</sup>.

Tijekom 10 – 15 godina kada je neutronske generator korišten za istraživanja u nuklearnoj fizici objavljeno je 90 znanstvenih radova, te je obranjeno 30 magisterskih i doktorskih dizertacija, što znači da je na tom akceleratoru prosječno godišnje objavljeno 6-9 znanstvenih radova i obranjene 2-3 dizertacije, što svrstava neutronske generator među najproduktivnije akceleratorne niske energije u svijetu.

Istraživanja u neutronske fizici izvedena na neutronske generatoru IRB bila su praćena vrlo uspješnim razvojem multikanalnih elektroničkih sustava, najprije 100-kanalnog dvodimenzionalnog analizatora, a zatim 256-kanalnog višedimenzionalnog analizatora. Elektronika i nuklearna fizika su jedna drugoj davale podstreka. Grupa elektronike na IRB predstavljala je tada jednu od najboljih grupa u svijetu što se vidi u izuzetnom međunarodnom ugledu mnogih članova IRB elektroničke grupe, koji su imali i a neki još uvijek imaju vodeće uloge, primjerice u Brookhaven National Laboratory i CERNu, te u vodećim laboratorijama Švicarske, Njemačke, Švedske i SAD. Nije moguće procijeniti kakva je i kolika je bila uloga neutronske generatora IRB u razvoju naše elektronike, ali sigurno nije bila mala.

U razdoblju između 1960. i 1980. godine Institut «Ruđer Bošković» je međunarodno priznati znanstveni centar, te su mnoga naša istraživanja na fronti svjetske znanosti. Pored gore spomenutih istraživanja to su istraživanja u teorijske fizici i kemiji, fizikalnoj, anorganskoj i organskoj kemiji, radiobiologiji i imunologiji, te značajno usmjerenje prema Jadranu i zaštiti okoliša. Ne ćemo ovdje analizirati međudjelovanje između svih tih znanstvenih disciplina u IRB, niti želimo reći da je nuklearno obilježje IRB bilo presudno za sve te djelatnosti, ali sa sigurnošću možemo tvrditi da je to bilo razdoblje koje je afirmiralo niz danas međunarodno priznatih znanstvenika i grupa s IRB i Zagreba općenito i dokazalo da je usmjerenje osnivača IRB i posebno Prof. Mladena Paića bilo ispravno i plodonosno. U razdoblju između ranih 60-tih i kasnih 80-tih znanstvenici IRB bili su najbliže onome što se danas zove trostrukim heliksom: povezivanje istraživanja i obrazovanja s gospodarstvom i izradom strategija i donošenjem odluka. Bilo bi korisno istražiti uspjehe, neuspjehe i propuste tog razdoblja, sve veći ...



međunarodni ugled znanstvenika IRB, koji nije bio praćen njihovim jednakim utjecajem u domovini.

### 3. Zaključak

U članku objavljenom u Vjesniku od 27. svibnja 2001. pod naslovom «Ciklotron omogućio osnivanje «Ruđera»»<sup>21)</sup> Prof. Ivan Supek kaže: «Savezna je vlada u svibnju 1950. godine donijela odluku da se sagradi Institut za teorijsku fiziku u Zagrebu. U razgovoru sam tada rekao Borisu Kidriču da bismo mi u Zagrebu bili u stanju napraviti ciklotron u suradnji s Radom Končarom i njemu se ta ideja svidjela jer je već bio spreman dati milijun dolara Institutu u Vinči da od Philipsa kupi ciklotron. Taj je uređaj (ciklotron) zapravo omogućio da se u Zagrebu stvori institut za atomsku fiziku. Želio sam da se na osnovi kvantne teorije također radi i na kemiji i na biologiji. Htio sam da se u Zagrebu otvori i centar za molekularnu biologiju. Opravdanje je bilo da u slučaju atomskog rata treba imati biologiju koja bi se bavila zaštitom od zračenja. Tako je uspjelo da se doista stvore fundamentalna istraživanja u kemiji, biologiji i elektronici.» Nije svrha ovog članka analizirati razvoj fundamentalnih znanosti u našoj domovini, ali vjerojatno Supek ima pravo kada kaže da je odluka o gradnji ciklotrona bila ona razdjelnica koja je odlučila da Institut «Ruđer Bošković» ne bude samo institut za teorijsku fiziku nego multi- i interdisciplinarni institut. A što bi bilo da nije izgrađen Cockcroft - Walton akcelerator? Skoro tri četvrtine svih naših nuklearnih fizičara eksperimentalaca radili su na neutronsom generatoru i u razdoblju od kraja 50-tih do ranih 70-tih stekli zavidan međunarodni ugled. Bez neutronske generatore malo je vjerojatno da bi itko od njih stekao takvo iskustvo i takav ugled. Nije vjerojatno niti da bi se bez tih eksperimentalaca razvio uspješni program interdisciplinarnih istraživanja na ciklotronu. Povijest izgradnje i korištenja Cockcroft - Walton akceleratora IRB može i danas poslužiti kao primjer kako voditi uspješnu politiku znanstvenih istraživanja. Naravno, nije moguće jednostavno preslikati ono što je bilo krajem 50-tih i tijekom 60-tih prošlog stoljeća. Treba izvući prave pouke i smjernice, ali je sigurno da su međunarodno priznati istraživači koji koriste instrumente na fronti istraživanja temelj izgradnje društva znanja.

### Literatura:

- 1) Stanko Kaučić, Zagrebački ciklotron, monografija, interna publikacija, 2001
- 2) G. Paić, T. Lechpammer, B. Babarović, Acceleration of negative deuteron ions and beam extraction in a classical cyclotron, *Fizika* 5 (1973) 57
- 3) Š. Spaventi, M. Vlatković, G. Paić, K. Filjak, E. Koren, S. Kaučić, M. Bosnar, Eksperimentalna proizvodnja i primjena <sup>67</sup>Ga, *Libri oncol.* 3 (1974) 75; S. Kaučić, G. Paić, M. Vlatković, Cyclotron production of short-lived radionuclides at Ruđer Bošković Institute, 24<sup>th</sup> International Congress of Pure and Applied Chemistry, Hamburg, 1973; J. Nosil, Š. Spaventi, S. Kaučić, A. Gadže, I. Šlaus, G. Paić, The Production of <sup>81</sup>Krm and Its Application for Lung Ventilation Studies, *Eur. J. Nucl. Med.* 1 (1976) 88; J. Nosil, Š. Spaventi, I. Šlaus, <sup>81</sup>Krm Production, Application and Use of Computer for Ventilation Studies, *Eur. J. Nucl. Med.* 2 (1977) 1; J. Nosil, Š. Spaventi, I. Šlaus, Selektivna proizvodnja rubidijevih radioizotopa ( $\alpha$ ,kn) reakcijama na <sup>79</sup>Br i <sup>81</sup>Br, *Elektrotehnika* 4 (1977) 350.
- 4) A. Vidović-Ferle, D. Petrović, J. Sorić, I. Šlaus, D. Rendić, Dependence of Nucleoside Effect on Linear Energy Transfer, *Intl. J. Radiation Biol.* 36 (1979) 117; A. Vidović-Ferle, D. Petrović, J. Sorić, D. Rendić, I. Šlaus, Absence of Nucleoside Effect in Cells Irradiated by Fast Neutrons, *Brit. J. of Cancer* 36 (1979) 422; M. Antić, D. Rendić, G. Paić, I. Šlaus, B. Antolković, I. Dvornik, S. Miljanić, K. Kadija, N. Stipčić, Fast Neutron Facility for Radiobiological Irradiation in the Ruđer Bošković Institute, *Fizika* 12 (1980) 93; A. Ferle-Vidović, D. Petrović, Z. Vidić, M. Osmak, I. Šlaus, K. Kadija, Biological Properties of the Neutrons Produced by the IRB Cyclotron, *Radiat. Environ. Biophys.* 17 (1980) 294; A. Vidović-Ferle, S. Kaučić, T. Lechpammer, M. Osmak, D. Petrović, D. Rendić, I. Šlaus, Examples of Fundamental Research and Applications at Small Accelerators, *IEEE Trans. Nucl. Sc.* NS-30 (1983) 1377.
- 5) M. Paić, K. Prelec, P. Tomaš, M. Varićak i B. Vošicki, *Glas. mat., fiz. i astr.* 12 (1957) 269
- 6) B. Antolković, M. Paić, K. Prelec, P. Tomaš, *Glasnik mat., fiz. i astr* 15 (1960) 61
- 7) P. Tomaš, doktorska dizertacija, Sveučilište u Zagrebu, 1960; I. Šlaus, Reakciji vizivaemije nejtronami s energije 14 MeV, Jadernije reakciji pri malih i srednjih energijah, Trudi II Vsesajuznoj konferenciji, Moskva (1960) 138. \*\*\*

- 8) N. Cindro, A method for charged particle selection, Glasnik mat., fiz i astr. 15 (1960) 113 N. Cindro, A possible method for distinguishing charged particles with semiconductors, Nucl. Instr 13 (1961) 99; N. Cindro, I. Šlaus, P. Tomaš, B. Eman, The  $^{16}\text{O}(\text{n},\alpha)^{13}\text{C}$  Reaction by the Thin Crystal Method, Nucl. Phys. 22 (1961) 96; I. Šlaus, P. Tomaš, N. Stipčić, Angular Distribution of the  $^{51}\text{V}(\text{n},\text{d})^{50}\text{Ti}$  Ground State Deuterons, Nucl. Phys. 22 (1961) 692.
- 9) P. Strohal, N. Cindro and B. Eman, Reaction mechanism and shell effects from the interaction of 14.6 MeV neutrons with nuclei, Nucl. Phys. 30 (1962) 49; S. Lulić, P. Strohal, I. Šlaus, The Study of (n,2p) Reactions at 14 MeV, Nucl. Phys. A154 (1970) 279; M. Dikšić, P. Strohal, I. Šlaus, (n,3He) and (n,t) Reaction Cross-Sections at 14 MeV, J. Inorg. Nucl. Chem. 36 (1974) 477.
- 10) L. G. Kuo Petravić, M. Petravić and B. Turko, Nucl. Instr. and Methods 10 (1961) 53
- 11) V. Ajdačić, M. Cerineo, B. Lalović, G. Paić, I. Šlaus, P. Tomaš, Reactions  $^3\text{H}(\text{n},\text{p})^3\text{n}$  and  $^3\text{H}(\text{n},4\text{H})\gamma$  at  $E_{\text{n}}=14.4$  MeV, Phys. Rev. Lett. 14 (1965) 444; G. Paić, I. Šlaus, P. Tomaš, Counter Telescopes for the Study of (n, charged particle) Reactions, Nucl. Instr. and Methods 34 (1965) 40.
- 12) K. Ilakovac, L.G. Kuo, M. Petravić, I. Šlaus, P. Tomaš, G.R. Satchler, The Reaction  $^{51}\text{V}(\text{n},\text{d})^{50}\text{Ti}$  at 14.4 MeV, Phys. Rev. 128 (1962) 2739; P. Strohal, P. Kulišić, Z. Kolar and N. Cindro, An experimental test for the nature of fluctuations in the reaction cross section, Phys. Lett. 10 (1964) 104; G. Paić, I. Šlaus, P. Tomaš,  $^{16}\text{O}(\text{n},\text{d})^{15}\text{N}_{\text{gs}}$  and  $^{16}\text{O}(\text{n},\text{p})^{16}\text{N}$  Reactions at 14.4 MeV, Phys. Lett. 9 (1964) 147; V. Valković, Angular Distribution of Tritons from the Reaction  $^{10}\text{B}+\text{n}$  at 14.4 MeV, Nucl. Phys. 54 (1964) 465; V. Valković, Triton spectrum from  $\text{n}+^7\text{Li}$  Reaction, Nucl. Phys. 60 (1964) 581; V. Valković, G. Paić, I. Šlaus, P. Tomaš, M. Cerineo, G.R. Satchler, Reactions  $^{48}\text{Ti}(\text{n},\text{d})^{47}\text{Sc}$ ,  $^{16}\text{O}(\text{n},\text{d})^{15}\text{N}$ ,  $^{10}\text{B}(\text{n},\text{d})^9\text{Be}$  and  $^6\text{Li}(\text{n},\text{d})^5\text{He}$  at 14.4 MeV, Phys. Rev. 139 (1965) B331; V. Valković, I. Šlaus, P. Tomaš, M. Cerineo, The Reactions  $^{10}\text{B}(\text{n},\text{t})\alpha\alpha$ ,  $^7\text{Li}(\text{n},\text{t})\alpha\text{n}$  and  $^6\text{Li}(\text{n},\text{d})\alpha\text{n}$  at 14.4 MeV, Nucl. Phys. A98 (1967) 305; V. Valković, I. Šlaus, P. Tomaš, and M. Cerineo, The Reactions  $^{10}\text{B}(\text{n},\text{t})\alpha,\alpha$ ,  $^7\text{Li}(\text{n},\text{t})\alpha,\text{n}$  and  $^6\text{Li}(\text{n},\text{d})\alpha,\text{n}$  at 14.4 MeV, Nucl. Phys. A98 (1967) 305; D. Rendić: The Reaction  $^{14}\text{N}(\text{n},\text{t})^{12}\text{C}$  at  $E_{\text{n}}=14.4$  MeV, Nucl. Phys. 91 (1967) 604; G. Paić, D. Rendić and P. Tomaš: The  $^9\text{Be}(\text{n},\alpha_0)^6\text{He}$  Reaction Induced by 14.4 MeV Neutrons, Nucl. Phys. A96 (1967) 476; B. Antolković, G. Paić, P. Tomaš and D. Rendić: Study of Neutron Induced Reactions on  $^3\text{He}$  at  $E_{\text{n}}=14.4$  MeV, Phys. Rev. 159 (1967) 777; B. Antolković, G. Paić, D. Rendić and P. Tomaš: Vzaimodejstvie nejtronov energii 14 MeV s  $^{14}\text{N}$ , Izvestia Akademii Nauk SSSR, Serija fizičeskaja 31 (1967) 110; D. Rendić, B. Antolković, G. Paić, M. Turk and P. Tomaš: 14.4 MeV Neutron-Induced reactions on  $^{19}\text{F}$ , Nucl. Phys. A117 (1968) 113; Đ. Miljanić, M. Furić, and V. Valković, About Pick-up Reactions on  $^{11}\text{B}$ , Nucl. Phys. A119 (1968) 379; Đ. Miljanić, V. Valković, D. Rendić, and M. Furić, Angular Distribution of Tritons from the  $^{11}\text{B}(\text{n},\text{t})^9\text{Be}$  Reaction at 14.4 MeV, Nucl. Phys. A156 (1970) 193; Đ. Miljanić, M. Furić and V. Valković, A Study of (n,d) and (n,t) Reactions on  $^7\text{Li}$ , Nucl. Phys. A 148 (1970) 312; Đ. Miljanić and V. Valković, The (n,d) Reactions on Light Nuclei, Nucl. Phys. A 176 (1971) 110. Ovaj popis nije potpun, vidjeti također CINDA, Index to literature and computer files on microscopis neutron data, IAEA, Vienna, od 1963 dalje.
- 13) Đ. Miljanić, B. Antolković, and V. Valković, Applications of Time Measurements to Charged Particle Detection in Reactions Induced by 14.4 MeV Neutrons, Nucl. Instr. and Meth. 76 (1969) 23; V. Valković, Đ. Miljanić, P. Tomaš, B. Antolković, and M. Furić, Neutron-Charged Particle Coincidence Measurements from 14.4 MeV Induced Reactions, Nucl. Instr. and Meth. 76 (1969) 29; V. Valković, K. Kovačević and S. Vidić, Position Sensitive Counter Telescope for the Study of Neutron Induced Reactions, Nucl. Instr. and Meth. 79 (1970) 13; V. Valković, M. Furić, Đ. Miljanić and P. Tomaš, Neutron-Proton Coincidence Measurement from the Neutron Induced Break-up of Deuteron, Phys. Rev. C 1 (1970) 1221; V. Valković and P. Tomaš, A Position Sensitive Counter Telescope for the Study of Nuclear Reactions Induced by 14 MeV Neutrons, Nucl. Instr. and Meth. 92 (1971) 559
- 14) K. Ilakovac, L.G. Kuo, M. Petravić, I. Šlaus, P. Tomaš, Proton Spectra from  $\text{D}(\text{n},\text{p})^2\text{n}$  Reaction at 14.4 MeV, Phys. Rev. Lett. 6 (1961) 356; K. Ilakovac, L.G. Kuo, M. Petravić, I. Šlaus, Attempt to Determine the n-n Scattering Length from the Reaction  $\text{D}(\text{n},\text{p})^2\text{n}$ , Phys. Rev. 124 (1961) 1923; M. Cerineo, K. Ilakovac, I. Šlaus, P. Tomaš, Capture of 14.4 MeV Neutrons by Protons and Deuterons, Phys. Rev. 124 (1961) 1947; M. Cerineo, K. Ilakovac, I. Šlaus, P. Tomaš, V. Valković, Charge Dependence of Nuclear Forces and the Breakup of Deuterons and Triton, Phys. Rev. 133 (1964) B948; V. ■■■



Ajdačić, M. Cerineo, B. Lalović, G. Paić, I. Šlaus, P. Tomaš, Information about the Neutron-Neutron Scattering Length from the Reaction  ${}^3\text{H}(n,d)2n$ , Phys. Rev. Lett. 14 (1965) 442; M. Furić, V. Valković, Đ. Miljanić, P. Tomaš and B. Antolković, Neutron-Proton Bremsstrahlung at 14.4 MeV, Nucl. Phys. A 156 (1970) 105

15) I. Šlaus, Few Nucleon Problems, in: "Progress in Fast Neutron Physics", Rice University, Semicentennial Publications, 1963, Eds. G.C. Phillips, J.B. Marion, J.R. Risser, p. 61-72; Ivo Šlaus, Neutron- Neutron Interaction, Rev. Mod. Phys. 39 (1967) 575; I. Šlaus, B.M.K. Nefkens, G.A. Miller, Quark Mass Difference and the Origin of Charge Symmetry Breaking, Invited talk, 11th Intl. Conf. on the Application of Accelerators in Research and Industry, Denton, Texas, 1990; Nucl. Instr. methods in Physics Research B56/57 (1991) 489

16) I. Šlaus, Nucleon-Nucleon Interaction Below 1 GeV, Acta Phys. Austr. Suppl. 27 (1985) 3; I. Šlaus, Y. Akaishi, H. Tanaka, Neutron-Neutron Effective Range Parameters, Physics Reports 173 (1989) 257; G.A. Miller, B.M.K. Nefkens, I. Šlaus, Charge Symmetry, Quarks and Mesons, Physics Reports 194 (1990) 1; R. Machleidt, I. Šlaus, The Nucleon-Nucleon Interaction, J.Phys.G.: Nucl. Part. Physics 27 (2001) R69.

17) N.Cindro, A survey of fast neutron reactions, Rev. Mod. Physics 38 (1966) 708

18) B.J. Wielinga, A.D. IJpenberg, K. Mulder, R. van Dantzig, I. Šlaus, Prominent Two-Body Effects in the Processes  $p({}^3\text{He},pd)p$  and  $d(d,pd)n$ , Phys. Rev. Lett. 27 (1971) 1229.

19) S. Prakhov, W.B. Tippens, C. Allgower, V. Bekrenev, E. Berger, W.J. Briscoe, M. Clajus, J.R. Comfort, K. Craig, D. Grosnick, G.M. Huber, D. Isenhower, N. Knecht, D. Koetke, A. Koulbardi, N.Kozlenko, S. Kruglov, T. Kycia, G.J. Lolos, I. Lopatin, D.M. Manley, A. Marušić, R. Manweiler, S. McDonald, B.M.K. Nefkens, J. Omsted, Z. Papandreu, D. Peaslee, G.J. Peterson, N. Phaisangittsakul, M. Pulver, A.F. Ramirez, M.E. Sadler, A. Shafi, I. Šlaus, H. Spinka, S. Stanislaus, A. Starostin,

H.M. Staudenmaier, I. Supek, C.W. Wong, Search for the CP Forbidden Decay  $\eta \rightarrow 4 \pi^0$ , Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 4802; N.G. Kozlenko, C. Allgower, E. Berger, M. Clajus, J.R. Comfort, K. Craig, D. Grosnick, G.M. Huber, D. Isenhower, N. Knecht, D. Koetke, A. Koulbardi, S. Kruglov, T. Kycia, G.J. Lolos, I. Lopatin, D.M. Manley, A. Marušić, R. Manweiler, S. McDonald, B.M.K. Nefkens, J. Omsted, Z. Papandreu, D. Peaslee, G.J. Peterson, N. Phaisangittsakul, M. Pulver, A.F. Ramirez, M.E. Sadler, A. Shafi, I. Šlaus, H. Spinka, S. Stanislaus, A. Starostin, H.M. Staudenmaier, I. Supek, Near Threshold  $\eta$ -meson Production of the  $\pi$ -p  $\rightarrow \eta$  n Using the Crystall Ball Detector, MES3, June 22, 2000

20) B. Antolković, I. Šlaus, D. Plenković, P. Macq, J.P. Meulders, Study of the Reaction  ${}^{12}\text{C}(n,3\alpha)n$  from Threshold to  $E_n=35$  MeV, Nuclear Data for Science Technology (ECSC, EEC, EAEC), 1983, p.926-929, Eds. K.H. Bockhoff et al.; B. Antolković, I. Šlaus, D. Plenković, P. Macq, J.P. Meulders, Study of the Reaction  ${}^{12}\text{C}(n,3\alpha)n$  from Threshold to  $E_n=35$  MeV, Nucl. Phys. A394 (1983) 87; B. Antolković, I. Šlaus, D. Plenković, Experimental Determination of the Kerma Factors for the Reaction  ${}^{12}\text{C}(n,3\alpha)n$  at  $E_n=10$ -35 MeV, Radiation Research 97 (1984) 253.

21) K. Kovačević, N. Stipčić, G. Paić, I. Šlaus, B. Eman, V. Pečar, M. Antić, Use of Photodiodes for Neutron Dosimetry, Nucl. Instr. Methods 148 (1978) 291-298, N. Stipčić, I. Šlaus, G. Paić, B. Eman, A Possibility of Measuring Neutron Energy Spectra with Photodiodes Used as Recoil Particle Detectors, Nucl. Instr. Methods 164 (1979) 525; P.A. Treado, J.M. Lambert, I. Šlaus, R.G. Allas, B. Eman, Single Surface Barrier Detectors for Neutron Dosimetry and Associated Light Ion Fluxes, IEEE Trans. Nucl. Sc. NS-28 (1981) 1570; N. Stipčić, I. Šlaus, B. Eman, Small Detector System for Determination of Absorbed Dose in Neutron Radiotherapy, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Hamburg, 1982, p.27.

22) Ivan Supek, Vjesnik, 27.V 2001, u ref 1) stranica 180 ■

Ovih dana konačno je svijetlo javnosti Instituta ugledala i monografija o zagrebačkom ciklotronu, autora dr.sc. Stanka Kaučića, povijest akceleratora koji je svojedobno predstavljao simbol instituta "Ruđer Bošković". Recenziju teksta izvršili su dr.sc. Dubravko Rendić i dr.sc. Ante Ljubičić, a grafičku pripremu i oblikovanje Ljiljana Liščević i dr.sc. Dubravko Rendić. Monografija je i registrirana u Sveučilišnoj biblioteci u Zagrebu. U svom prvom izdanju kopirana je i uvezana u termouvez u našoj fotokopiraoni u šesdesetak primjeraka.

Umjesto prikaza same knjige možda je najbolje navesti neka zapažanja koja su u obliku osvrta dali njezini recenzenti a koji su osvrta štampani u Monografiji.

Ciklotronu Instituta «Ruđer Bošković» kolale su razne priče. Monografija koja je pred nama zasnovana je na činjenicama, temeljena na odlukama i dokumentima o radu samog ciklotrona tako da može zapravo raščistiti sve dileme koje su eventualno o tom ciklotronu postojale. Rekli bi da je namijenjena posebno mlađim generacijama jer ciklotron je svojevremeno bio simbol Instituta «Ruđer Bošković» i dobro je da postoje zapisi i pisani materijali koji će zapravo opisati njegovu konstrukciju, njegov rad i na koncu njegov utjecaj na sam razvoj Instituta. Autor monografije skupio je mnoge činjenice, proveo niz razgovora s ljudima koji su sudjelovali u njegovoj izgradnji i njegovom korištenju. Prikupljeni su mnogi materijali direktnih korisnika; međutim opis rada jednog takvog akceleratora zahtijevao bi stranice i stranice pa je ovo skraćena verzija sa što manje detalja a koji se mogu naći na drugim mjestima te u jednom proširenom primjerku monografije koja se nalazi u knjižnici Instituta. Autor si je dao puno truda, sakupio mnogo dokumenata i slika, mnogo izjava i zato mu moramo biti zahvalni. On je po struci radiokemičar koji je direktno sudjelovao u radu na produkciji radioizotopa odnosno radionuklida te njihovoj separaciji ali su u izradi ove monografije sudjelovali i fizičari. (Dubravko Rendić)

Izgradnja i rad zagrebačkog ciklotrona danas su vremenski već daleko iza nas. Zadnji snop ciklotrona ugasio se u lipnju 1990. godine. Sada je pred nama obimna monografija, «Zagrebački ciklotron», koja osim izgradnje i rada ciklotrona opisuje i Institut "Ruđer Bošković" i ulogu njegovog utemeljitelja Ivana Supeka.

Ideja o pisanju monografije svakako je dobrodošla, jer Institut nema sličnog prikaza svog djelovanja ni na bilo kojem drugom području. Smatramo da je potrebno ostaviti ovakav obimniji pisani trag o zagrebačkom ciklotronu budući da o njegovoj aktivnosti danas mnogi, naročito, mlađi naraštaji, nisu dovoljno upoznati.

Materijal monografije sadrži činjenične i biografske dijelove dobro uzastopno raspoređene u 7 poglavlja koja su svaki za sebe cjelina a zajedno daju kompletan prikaz zadane teme. Ispred poglavlja su osvrta na monografiju, prvih 4 poglavlja su gotovo isključivo činjenice, 5. su komentari, a 6. je epilog dok 7. kao priloge sadrži osvrta na ciklotron i biografski prikaz o Ivanu Supeku vezan uz zadanu temu. Smatramo naročito dragocjenim priloge učesnika tih događaja u vezi s ciklotronom kroz njihove osobne prikaze tih aktivnosti. Oni su živo svjedočanstvo tog velikog podviga i atmosfere tog razdoblja. Monografija u prvom redu argumentirano pobija uvriježeno mišljenje kako je zagrebački ciklotron bio samo veliki i skupi promašaj, jer ciklotron je i radio i privređivao. Iako nije dao sve očekivane rezultate omogućio je, kako smo ranije istaknuli, stvaranje Instituta koji je već osamdesetih godina prošloga stoljeća došao do zavidne znanstvene visine i ugleda, kako u zemlji tako i u inozemstvu.

U biografskom prikazu autor je jasno i argumentirano iznio činjenice o Supekovej nedvojbenoj zaslugi u ostvarenju Instituta. Navedene su i političke prilike u pojedinim razdobljima koje su se reflektirale na Supekovo ponašanje i odluke, te kroz koje je sve poteškoće on prolazio i koliko je bio potisnut. Došao je na ideju za ciklotron još 1948., izborio se za njeno ostvarenje 1950. a isključen je iz Instituta 1958. godine. (Ante Ljubičić)

Ciklotron je bio, kao što smo rekli, u svoje vrijeme simbol Instituta «Ruđer Bošković», prvi i jedini u ovim krajevima, zapravo učinjen vlastitim snagama uz pomoć naše industrije, i koji je radio. Mora se priznati da on nije zadovoljio sve zahtjeve koji su za njega bili postavljeni, posebno ne na području nuklearne fizike jer na žalost nije dobiven iskoristivi vanjski snop ciklotrona, tako da je sav rad koji je na njemu napravljen bio napravljen s unutarnjim snopom. Međutim to za fizičare nije značilo mnogo, jer nuklearnim fizičarima energije čestica koje je ciklotron proizvodio nisu bile "dostupne" u unutarnjem snopu ali ipak smatram



Institut "Ruđer Bošković"

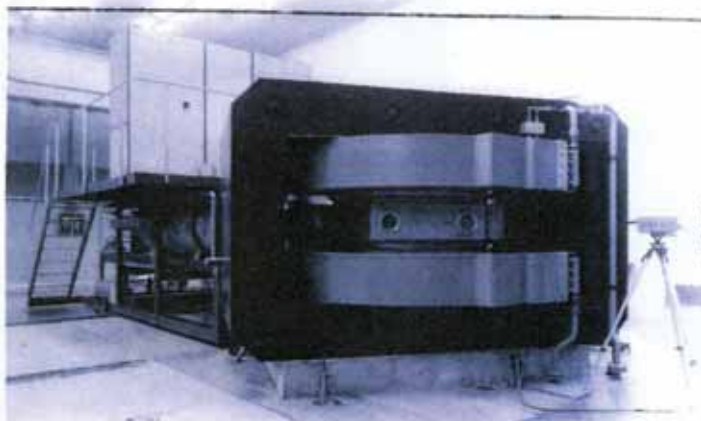


1950-2000

# zagrebački ciklotron

MONOGRAFIJA

AUTOR STANKO KAUČIĆ



Zagreb, svibanj 2006.

da je i takav ciklotron ispunio svoju zadaću, usudio bih se reći možda više u primjeni nego u temeljnim znanstvenim istraživanjima. Na kraju treba dodati da je ciklotron odgojio i nekoliko generacija znanstvenih radnika i nuklearnih fizičara ali i radiokemičara, ali isto tako na njemu su stjecana iskustva tehničara-operatera za što školovanje zapravo ne postoji, znanje se uz srednju stručnu spremu koja se dobiva u srednjim školama stiče praktičkim radom, gdje na licu mjesta treba učiti od starijih i savladati tehniku operiranja i održavanja jednog takvog stroja kao što je ciklotron.(D. Rendić)

Monografije često imaju i mnogo manje ili manje značajne ustanove s mnogo manje godina postojanja. O Institutu je izdato više sažetih prikaza često i bez spominjanja ciklotrona što još više potkrepljuje činjenicu da je želja o postojanju takve monografije dobrodošla.(A. Ljubičić).

PIŠU  
Dubravko Rendić  
Ante Ljubičić

# OPAŽANJA JEDNOG UMIROVLJENIKA

## (2)

Ova viđenja komentiraju neka zbivanja na Institutu gledano sa strane, izvana ali "očima" bivšeg dugogodišnjeg zaposlenika Instituta, sada umirovljenog, voljom Zakona i odlukom Instituta. Neki komentari neće biti "up to date", bit će zastarjeli jer nam naš časopis izlazi u većim vremenskim razmacima. No možda je i tako dobro jer se tek naknadno može ocijeniti da li su akcije i mišljenja, a i ova opažanja o pojedinim problemima bili adekvatni ili pogrešni. No to ipak daje neku sliku o zbivanjima na Institutu i načinu mišljenja njegovih zaposlenika. Netko će reći da je to samo djelomična slika zbivanja u Institutu. I u pravu je. Pretenzije ovih razmišljanja nisu u smislu svekolikosti zbivanja na Institutu, tu se navode neke teme koje se spominju i na internetskoj stranici Instituta, one o kojima se priča po Institutu, u laboratorijima, u društvenom domu pa na taj način dolaze do oka ili uha jednog umirovljenika koji se još uvijek "mota" po Institutu i tamo nešto radi. Ali sada ima više vremena da o svemu razmisli i da to pogleda s položaja izvan institutske ograde.

Sljedeća informacija je došla i do tiska i televizije. Sklopljen je krovni Ugovor o suradnji između Agrokor-a i Instituta. Okrećemo se dakle i "privatnim" financijerima. Da li to znači da Institut više neće biti "gladan". Želim uspjeh tom poduhvatu, više uspjeha nego davni pokušaj suradnje s Podravkom na sterilizaciji hrane gama zračenjem. Ne znam da li je ta tema

uključena ali treba je imati u vidu.

Došla su neka nova vremena. Nekad smo si popravljali osobni budžet uštedom na dnevnicama a i putnoj karti, a sada se često traži od mladog čovjeka da sufinancira projekt idući na službeni put bez dnevnica. To mi naliči na samodoprinos za financiranje znanosti. Pravo je svakog pojedinca da odbije putovanje čiji troškovi nisu pokriveni pa me stoga i čudi da šefovi traže takvo što. Pa nije ovo hobi, i znanstveni rad je zaposlenje. A i ljubav ide kroz želudac. Treba shvatiti da će i znanstveni radnik uz časne iznimke, dobro raditi kad se može potpuno posvetiti znanosti a ne brizi kako "spajati kraj s krajem". Očito ovaj naš "mladi" kapitalizam mijenja neke stare "navike"!

Moram se vratiti na jednu raniju temu, spomenik Nikoli Tesli. Godinama je stajao na Institutu, doduše malo "po strani", ali je naš i postavljen u znanstvenom institutu. Sada se "netko" sjetio da bi Zagrebu na brzinu trebao spomenik Nikoli Tesli, a gdje su bili dosada, pa su navalili na Institut koji je izgleda spreman da ga "proda" gradu. No zaposlenici se bune i ne žele ga dati. Potpisuje se i peticija upravnim tijelima Instituta. Kako ono pročitah u jednom komentaru u dnevnom tisku, citiram "U Zagrebu, naime, jedva da je ikada podignut ijedan spomenik, a da oko toga nije bilo cirkusa.... A zašto je tako? Razlog je vrlo jednostavan: zato što mi spomenik nikada ne podižemo onome



tko je na njemu prikazan, nego ga podižemo sebi. Nije važno da se obilježi sjećanje na velikog čovjeka, nego je važno što je spomenik podigla baš ta i ta gradska vlast, na inicijativu toga i toga vijećnika; važno što je spomenik otkriven upravo u to i to vrijeme i što stoji baš na tom i tom mjestu. Tako je i u ovome slučaju: najprije se na Teslinu obljetnicu zaboravilo, a kad se netko pljesnuo po čelu, htjela se cijela stvar obaviti mađioničarski: brzo i lako, a zapravo uz pomoć trika." Da, spomenik Nikoli Tesli treba postaviti ali ga ne "krasti" drugima i treba ga staviti na odgovarajuće mjesto, a ne na ugao već skoro neprohodnog trotoara. Nadam se da mi književnik Pavao Pavličić neće zamjeriti na citiranju njegovog teksta iz dnevnog tiska, ali mislim da je bolje ovako nego prepričavanje. Preseljenje spomenika iz znanstvene institucije mislim da je opet degradacija znanosti u ovoj zemlji. A što mislite gdje bi bilo najbolje mjesto za takav spomenik. Sigurno ne u urbanom centru grada samo zato što se tamo nalazi ulica imenovana po Nikoli Tesli.

Ali s druge strane treba pozdraviti posjetu Gradonačelnika Zagreba Institutu i najavu krovnog sporazuma o suradnji između Instituta i Zagreba, što će otvoriti novu stranicu o "statusu" Instituta u glavnom gradu Hrvatske imajući u vidu činjenicu da se nijedan gradonačelnik u zadnjih četrdesetak godina nije "udostojio" posjetiti Institut. Nadam se da to ne "plaćamo" spomenikom.

A sad nešto prizemnije, bolje rečeno iz podruma. Pred neki dan odoh kroz podzemni hodnik iz II. krila prema trećem i četvrtom. Dugo nisam prolazio tim hodnikom a ovaj puta je padala kiša. Najprije se ugodno iznenadih s novim vratima s pumpama. Stvarno vrlo dobro, ali malo dalje naletjeh na poplavu, pa nije baš Dunav, ali trebale bi mi galoše; sreća ne čamac. No prođoh nekako mokrih cipela i evo dokaza za onu staru uzrečicu "iznutra fuj izvana huj".

Do čitanja.

Vaš umirovljenik

Nastavak sa str 18

pojedinih institucija i znanstvenih grana (analitička kemija, antropologija), profil časopisa (Collegium antropologicum, Kemija u industriji) i znanstveni opus pojedinih istraživača. Bilo je žučnih rasprava o redoslijedu imena na Branimirovom popisu najuspješnijih hrvatskih istraživača (koji ustvari nije bio zamišljen kao rang-lista) i bilo je drugih bolnih nesporazuma. Ta su previranja prošla. Danas svaki istraživač vodi računa o broju svojih radova, o faktoru odjeka časopisa u kojim su objavljeni i o broju citata, a ti brojčani pokazatelji se sve više uzimaju u obzir pri izboru u znanstvena zvanja i u natječajima za istraživačke projekte. Možemo Branimiru biti zahvalni da je pokrenuo taj proces.

O čemu bi ovih dana s njemu svojstvenom žestinom govorio i pisao, da ga smrt nije spriječila? Zalagao bi se za pravilnu interpretaciju scientometrijskih pokazatelja. Danas je znanstvena zajednica već prihvatila neke temeljne stavove iz njegovog opusa kao oubičajene pokazatelje pri vrednovanju znanosti. No, prečesto se zaboravlja da se radovi u pojedinim područjima objavljuju brže, i u većem broju, nego u drugima, što obično sa sobom donosi i veću citiranost i veći prosječni faktor odjeka za dotične časopise. Nema pravednog ocjenjivanja, ako se te razlike ne uzimaju u obzir.

Branimir Klaić ostavio je dublje tragove na Institutu nego što mu se činilo. Bio je strastveni 'Ruđerovac', iako se često nije slagao sa službenom institutskom politikom. Volio je čvrste stavove i žestoke diskusije, koje su dijelom ostale nedovršene. Život će pokazati tko je imao pravo.

Volker Magnus  
Mladen Andreis



## In memoriam Branimir Klaić (1950. – 2006.)

**B**ranimir Klaić došao je u Institut 1972. godine kao diplomand pun ambicija i ponosan da će postati 'Ruđerovac'. Napustio nas je proljetos, teško bolestan i pomalo razočaran da nije ostavio dublje tragove u svojoj radnoj sredini. Sada, kad je bitka prošla, pokušajmo sagledati što je stvarno postigao. Da li je to zaista tako malo?

**F**ormalna karijera Branimira Klaića bitno se ne razlikuje od one mnogih drugih eksperimentalnih kemičara njegove generacije. Diplomirao, magistrirao i doktorirao je pod vodstvom Dr. Dine Keglević. Bio je na specijalizaciji kod profesora Jardetzskog na Stanford-u pa je, nakon 17 godina učenja te napornog i plodnog rada postao znanstveni suradnik. Put do zvanja 'znanstveni savjetnik' bio je kraći (12 godina), a uključio je godine kad je, kao v. d. voditelja Servisa za NMR-spektroskopiju, nosio posebnu odgovornost. Suradivao je na mnogim projektima, znanstvenim i primijenjenim, domaćim i stranim, a svoj vlastiti, vrlo uspješni, istraživački projekt vodio je kad je bilo najteže: dok je trajao rat.



**B**ranimir Klaić je objavio 48 znanstvenih i stručnih radova (35 u poznatim međunarodnim časopisima) koji su citirani oko 250 puta. Njegov istraživački put počeo je na području eksperimentalne kemije aminokiselina i peptida. U okviru suradnje s tvrtkom 'Pliva' prešao je na karakterizaciju glikopeptidnih fragmenata bakterijske stijenke koji su osamdesetih godina (prošlog stoljeća), zbog svoje uloge u imunom odgovoru na bakterijsku infekciju, privukli veliku pažnju svjetskih biokemičara. Ubrzo je ustanovio da tim istraživanjima nedostaje fizičko-kemijska komponenta te je odlučio ispuniti tu prazninu uz pomoć NMR-spektroskopije. Sve više se oduševio za tu metodu koju je kasnije primjenjivao u istraživanjima metalnih kompleksa s organskim agensima, indolskih i drugih aromatskih spojeva i, s posebnim interesom, peptida i glikopeptida. Najviše pažnje dobili su, međutim, njegovi prvi radovi o fragmentima bakterijske stijenke, koji se još uvijek citiraju u svjetskim časopisima.

**U**domaćoj sredini, Branimir je bolje poznat po scientometrijskim radovima, kojih je objavio desetak. Počeo se baviti s tim područjem boreći se protiv neujednačenih kriterija pri izborima u znanstvena zvanja, no, što ga je stvarno motiviralo, bilo je pitanje: kako osigurati opstanak 'domaće' znanosti u sve većoj međunarodnoj konkurenciji? Njegov odgovor je bio: samo selekcijom na temelju objektivnog vrednovanja istraživača i njihovih radova. Nije vjerovao da se to može postići uzajamnim ocjenjivanjem unutar, razmjerno male, domaće znanstvene zajednice isprepletene mrežom prijateljstava i uzajamnih interesa, te se zalagao za primjenu scientometrijskih pokazatelja. Da se postave primjereni okviri za njihovu primjenu trebalo je sagledati trenutno stanje. Kad je Branimir krenuo s tim poslom, nisu mu bile pristupačne elektroničke baze podataka, tako da je prikupljao desetke tisuća podataka prepisivanjem iz tiskane verzije Science Citation Index-a. Unatoč tim poteškoćama, uspio je sastaviti zaokruženi prikaz znanstvene produktivnosti u Hrvatskoj. S više pojedinosti obradio je doprinos

---

nastavak na str 17



inhibicije, interakcije metal/organska prevlaka i atmosfere korozije. Mehanizam hidrolize iona  $\text{Fe}^{3+}$  u vodenom mediju koji je predložio dr. sc. Svetozar Musić postao je opće prihvaćen u znanstvenoj literaturi.

Do 1985. dr. sc. Svetozar Musić samostalno je razvijao problematiku metalnih oksida, a zatim zajedno sa suradnicima koji mu se s vremenom pridružuju. Otvaraju se nova područja istraživanja u kemiji oksidnih stakala i staklokeramika s posebnim naglaskom na primjeni različitih spektroskopskih tehnika zbog fazne naravi ovih materijala. Razvija se kemija magnetskih metalnih oksida te čvrstih otopina metalnih oksida. Pored vrlo zapaženih znanstvenih radova iz područja magnetskih oksida, dr. sc. Svetozar Musić objavio je i poglavlje o magnetskim oksidima u knjizi "Mössbauer Spectroscopy of Sophisticated Oxides", Akademia Kiado, Budapest 1997. Zadnjih petnaest godina dr. sc. Svetozar Musić i njegovi suradnici usmjeravaju svoj znanstveni interes na istraživanje utjecaja metode kemijske sinteze na kemijska, mikrostrukturna i fizikalna svojstva čestica metalnih oksida. Poseban naglasak dat je na sintezu i svojstva nanometarskih čestica  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{IrO}_2$  i  $\text{Rh}_2\text{O}_3$ . Studiraju se mehanizmi i kinetike taloženja tih spojeva. Ova istraživanja omogućuju nam bolje razumjevanje odnosa između kemijske sinteze i svojstava tih materijala, što u narednom stupnju omogućuje dizajniranje novih materijala pri čemu se ističe neko od posebnih svojstava.

Dr. sc. Svetozar Musić drži dva kolegija na poslijediplomskim doktorskim studijima, na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, zajedno s prof. Nikolom Kallayem, drži kolegij "Odabrana poglavlja površinske i koloidne kemije", dok na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije drži kolegij "Spektroskopske metode u istraživanju materijala". Odgojio je devet magistara i pet doktora kemijskih znanosti. U Institut "Ruđer Bošković" uveo je Mössbauerovu spektroskopiju, a postojeći spektrometar je instrument jedini te vrste u Hrvatskoj. Očekuje se da će uskoro proraditi i drugi Mössbauerov spektrometar s mogućnošću kontinuiranog snimanja spektara do 4.2 K, a s primjenom visokotemperaturne kamere od sobne temperature do 1373 K. Zahvaljujući njegovoj dugogodišnjoj upornosti i entuzijazmu Institut "Ruđer Bošković" je prošle godine dobio visokorezolucijski

pretražni elektronski mikroskop te uređaj za nanošenje tankih prevlaka i čišćenje površina materijala na atomskoj razini. Navedena instrumentacija je jedina te vrste u Hrvatskoj. Također, nabavljen je i instrument za spektrometriju karakterističnih X-zraka, koji služi za kvalitativnu i kvantitativnu analizu kemijskih elemenata, a dok se ovaj tekst bude čitao u grupi dr. sc. Svetozara Musića bit će u pogonu i novi rentgenski difraktometar za polikristalne uzorke.

Pored obimnog znanstvenog rada dr. sc. Svetozar Musić obavljao je i još obavlja niz vrlo značajnih funkcija u Institutu "Ruđer Bošković". Ovdje ću spomenuti samo neke od tih funkcija. Utemeljitelj je i prvi voditelj Laboratorija za sintezu novih materijala, bio je direktor znanstveno-istraživačkog programa "Znansot i tehnologija materijala" te je na temelju tog programa osnovao Zavod za kemiju materijala čiji je predstojnik od 1996. do danas, bio je član Izbornog tijela područja kemije te određeno vrijeme i pomoćnik ravnatelja. Član je Izbornog odbora kemije u novom sazivu ZV IRB, a također i član Vijeća za nuklearnu sigurnost Sabora Republike Hrvatske. Kao Mössbauerov spektroskopičar član je Međunarodnog odbora za primjene Mössbauerovog efekta (IBAME). Dr. sc. Svetozar Musić prijavio je po nedavnom natječaju MZOŠ projekt "Sinteza i mikrostruktura metalnih oksida, oksidnih stakala" (9 istraživača) u sklopu programa "Novi funkcionalni materijali" čiji je koordinator.

Nagrađu HAZU, dr. sc. Svetozar Musić primio je za svoj cjelokupni znanstveni rad, a koji se nastavlja s jednakim entuzijazmom s kakvim je započeo svoju znanstvenu karijeru ranih 70-tih godina prošlog stoljeća. Dr. sc. Svetozar Musić objavio je preko 200 znanstvenih radova koje citira Current Contents.

Iskrene čestitke dr. sc. Svetozaru Musiću povodom ovog prestižnog i vrijednog priznanja.

PIŠE  
Mira Ristić

# Nagrada HAZU dodjeljena dr. sc. Svetozaru Musiću

Predsjedništvo Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, na svojoj 3. (128) redovitoj sjednici održanoj 29. ožujka 2006., na prijedlog Odbora za nagrade i na osnovi prijedloga i mišljenja razreda za matematiku, fiziku i kemiju donijelo je odluku kojom se dr. sc. Svetozaru Musiću dodjeljuje nagrada HAZU za najviša znanstvena dostignuća u Republici Hrvatskoj u području prirodnih znanosti i matematike. Ova nagrada dodjeljena je dr. sc. Svetozaru Musiću za njegov cjelokupni znanstveni rad, a uručena mu je na svečanoj sjednici HAZU koja je održana 28. travnja 2006. u Preporodnoj dvorani Narodnog doma u Zagrebu. Svečanoj sjednici, između ostalih, nazočili su premijer Republike Hrvatske dr. sc. Ivo Sanader, ministar znanosti, obrazovanja i športa dr. sc. Dragan Primorac i gradonačelnik grada Zagreba gospodin Milan Bandić.

Dr. sc. Svetozar Musić rođen je 1946. u Skoplju (Makedonija). Diplomirao je 1970. na Odsjeku za kemiju-smjer fizikalna kemija Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Nakon diplomiranja volontirao je kod prof. Mirka Mirnika u Laboratoriju za radiokemiju Instituta "Ruđer Bošković", a magistrirao je 1972. na Sveučilištu u Zagrebu. U Institutu "Ruđer Bošković" dobio je zaposlenje 1973. i njemu je ostao vjeran do danas. Njegov znanstveni interes u tom periodu bio je usmjeren na koloidnu kemiju i specifično

na adsorpcijsko/desorpcijske ravnoteže na različitim metalnim oksidima u vodenom mediju. Pored toga radio je na obilježavanju različitih koloida i kompleksnih spojeva s kratkoživućim radioizotopima sa ciljem moguće primjene u nuklearnoj medicini. Na tadašnjem ciklotronu proizveo je  $^{97}\text{Ru}$  u dovoljnom prinosu za primjenu u nuklearnoj medicini te razradio originalne kemijske reakcije za separaciju ovog radioizotopa iz ciklotronske mete i prevođenje u pogodan kemijski oblik za humanu primjenu. Dr. sc. Svetozar Musić dobio je stipendiju Vlade NR Mađarske za boravak u Institutu za fizikalnu kemiju i radiologiju Sveučilišta Lóránd-Eötvös u Budimpešti, tijekom 1976/1977., gdje se upoznaje s tehnikom Mössbauerove spektroskopije (nuklearna  $\gamma$  rezonancijska spektroskopija), a poznanstvo i suradnja s akademikom Attilom Vértesom ostavili su dubok

trag u znanstvenom radu dr. sc. Svetozara Musića.

Dr. sc. Svetozar Musić doktorirao je 1978., a 1980. odazvao se pozivu prof. Henry Leidheisera i otišao raditi kao gostujući znanstvenik na Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, gdje boravi dvije godine. U periodu boravka u SAD-u objavio je osam znanstvenih radova (Nature, J. Colloid Interface Sci. te po dva rada u J. Electrochem. Soc., Corrosion Sci. i Radiochem. Radioanal. Lett.). Ovi radovi smatraju se pionirskim radovima u primjeni Mössbauerove spektroskopije u istraživanju korozijske

